

(54) FORMATION OF HOLOGRAM

(11) Kokai No. 53-75950 (43) 7.5.1978 (19) JP

(21) Appl. No. 51-151618 (22) 12.16.1976

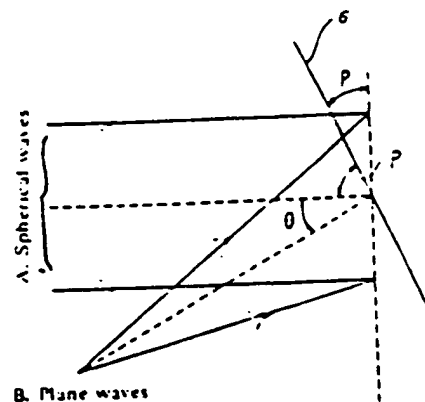
(71) FUJITSU K.K. (72) HIROYUKI IKEDA(1)

(52) JIC: 10IG0:97(7)B23:10-1A0

(51) Int. Cl.² G03H1/04, G02B5/32, G02B27/17, G06K7/10

PURPOSE: To eliminate astigmatism and image distortion, even if the wave fronts are made different upon formation and reproduction of FZP (Fresnel Zone Plate), by making plane waves incident at an angle upon the surface of a photosensitive material while fixing the angle between the plane waves and spherical waves.

CONSTITUTION: When it is intended to prepare an FZP for hologram, the plane waves are irradiated upon a recording medium θ at a present angle θ with respect to spherical waves and at a right angle with respect to the recording medium θ according to the conventional method. On the contrary, according to the present method, the plane waves are irradiated at angle of inclination P with respect to a recording medium θ while leaving its angle θ as it was with respect to the spherical waves. Thus, even if the reproduction is carried out with the use of optical beams of different wave fronts from those upon formation of the hologram by a light scanning system, it is possible to reduce the fluctuations in the focal distance and to improve the reading accuracy of the des.



公開特許公報

昭53-75950

51 Int. Cl. ³	識別記号	22 日付	52 日付	53 公開
G 03 H 1 01		104 G 0	7158 23	昭和53年(1978)7月5日
G 02 B 5 32		9767 H 23	6619 56	発明の種別
G 02 B 27 17		101 A 0	7529 23	審査請求 有
G 06 K 7 10				

(全 8 頁)

50 ホログラムの作成方法

発明者 安松 義俊

川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

21 特 願 昭51 151618

22 出 願 昭51(1976)12月16日

出 願 人 富士通株式会社

23 発 明 者 池田 弘之

川崎市中原区上小田中1015番地

川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

31 代理人 寺田 正一 寺田 五郎 外 3 名

明 細 書

1. 発明の名称

ホログラムの作成方法

2. 特許請求の範囲

感光体上で平面波と球面波とを所定の角度で干渉せしめてホログラムを作成するホログラムの作成方法において、該平面波と球面波との間の角度を固定したまま、該感光体面に対して平面波を傾斜して入射せしめることを特徴とするホログラムの作成方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、光スポットを特定平面内で多方向に走査させてバーコードを読み取るようにした光走査装置に用いるホログラムの作成方法に関する。

最近、デパートやスーパーマーケットにおいて商品の売上げ、在庫などの管理を自動化するため、商品に付けたバーコードから商品の種類、価格などを自動的に読み取つてこの情報を電子計算機により処理するようになった。

商品に附けたバーコードを読み取るには、バー

コードをレーザ光で代表される光ビームで走査し、その反射光強度の変化によりバーコードに記入された情報を読み取る方式が通常用いられる。

次に光ビームを一定方向に走査させる方法について説明する。

説明を簡単にするため、ホログラムの代りに凸レンズを考える。第1図に示すように、凸レンズ1は垂直に入射した平面波を一点Fに収束させる機能を有する。そこで第2図のように、互いに分離した細い平面波2、3、4を凸レンズ1上の異なる位置に入射しても、それぞれの光はやはり一点Fに収束する。これは、凸レンズ1の各点において光の偏向方向が異なるということであり、これが基本的な光走査方法の原理である。実際には、第3図の如く、固定した細い平面波に対して凸レンズ1を矢印方向に移動させれば、その移動に応じて光スポットがF点からF'点まで移動し光走査が実現できるわけである。

凸レンズと同じ機能は、コヒーレントな平面波と球面波をホログラフィックに干渉させて作った

フレネル・ゾーン・プレート (Fresnel Zone Plate) 以下FZPと略記する) によつても得られる。従つてFZPを用いた場合でも上記の光走査の原理は上記と同様に説明される。

次に、FZPを用いた光走査原理について詳細に説明する。

第4図において、FZPの焦点面 (X' , Y') 上での偏角光 S' (α , γ) の動きは、FZP面 (X , Y) 上でのFZPの中心 O (α , γ) の動きと等しい。したがつて、焦平面より更に遠方にある脱取面 (X' , Y') 上での光 S' の距離は ($M\alpha$, $M\gamma$) となる。ここで M は、FZPと焦平面までの距離を f_0 、FZPと脱取面 (X' , Y') までの距離を L とした場合に、

$$M = \frac{L}{f_0} \quad \dots\dots\dots (1)$$

で与えられ、FZPの移動量に対する脱取面上での偏角光の移動量であるから偏角倍率と定義する。

このような光を偏角させて光走査を行なう場合、重要な項目として光の収束度がある。第4図にお

図

収束および第5図に示すような像面わん曲収束が現われ、FZPを移動させた場合、脱取面上に光が均等に収束しない。

本発明は上述の如き従来の欠点を改善する新規な発明で、その目的は光走査装置に使用するFZPの作成方法において、FZPの作成時と再生時の波面を異ならせても焦点収差や像面わん曲が起らないようなFZPの製造を提供することにある。

その目的を達成せしめるため、本発明のホログラムの作成方法は、感光体上で平面波と球面波とを所定の角度で干渉せしめてホログラムを作成するホログラム作成方法において、脱平面波と球面波との間の角度を固定したまま、該感光体面に対して平面波を傾斜させて入射せしめることを特徴とするもので、以下本発明を詳述する。

まず、前述の如き焦点収差および像面わん曲収差を補正する方法を具体的に説明する前にホログラムの作成および再生過程を説明する。

FZPなどホログラムは、コヒーレントな2つの波面の干渉パターンである。第7図に示すよう

図

いて、FZPに平面波を入射させ、FZPを移動させて脱取面 (X' , Y') 上でFZPの移動量よりも多くの波面距離を得ようとした場合、焦平面 (X' , Y') において追従しなればならぬ。ところがFZPに入射した平面波は焦平面 (X' , Y') において収束し、脱取面 (X' , Y') においては十分な干渉度が得られない。そこで、平面波の代わりに発散する球面波を入射させ、脱取面上に光を収束させる必要がある。この場合、球面波の発散点からFZPまでの距離を f_0 とFZPの焦点距離 f_0 、FZPから脱取面までの距離を L とすると、関係式より、

$$\frac{1}{f_0} + \frac{1}{L} = \frac{1}{f_0} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となり、脱取面上に光は収束するはずである。しかしながら実際は平面波と球面波の干渉で作つたFZPを用いて像を再生する場合、平面波を用いなければならぬところを球面波を用いているわけであるから、この場合、FZPの作成時と再生時の波面の違いにより第8図に示すような非点

図

に、脱収差は (万全感光体) の成時に對して θ_1 , θ_2 の入射角をもつ2つの波面を干渉させると、その干渉縞は、脱収差体の厚さ方向に $(\theta_1 - \theta_2) / 2$ の角度で形成される。いま、簡単のため脱収差体の厚さを無視すると、格子間隔 d_0 は次式で与えられる。

$$d_0 = \frac{1}{2 \sin \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \cdot \cos \frac{\theta_1 - \theta_2}{2}} = \frac{1}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし θ は、コヒーレント光の波長

このようにして作成したホログラムに第8図に示すように角度 α の光を入射させると、その反射角 β との間には次の関係がある。

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{1}{d_0} - \sin \alpha \right) \quad \dots\dots\dots (4)$$

(ただし、 α , β は、ホログラムの成時に對して同一側にある場合同符号とする。)

上記第4式および第5式より

$$\beta = \sin^{-1} (\sin \theta_1 + \sin \theta_2 - \sin \alpha) \quad \dots\dots\dots (5)$$

図

となり、ホログラム作成時 θ_1 、 θ_2 および再生時の θ の値が決まれば回折角 β が求まる。

次に上述の如きホログラムの再生時すなわち光走査動作の際に生じる非点収差および像面わん曲収差が出来るだけ少なくなるようなホログラムの作成方法について説明する。

第9図はFZP作成光学系を示す図である。第9図において、ホログラム記録面(X-Y)に対して、点S₀から発散する球面波と、X-Y面に垂直に入射する平面波を干渉させると、X軸上での点 $(x+\Delta x)$ 、 (x) 、 $(x-\Delta x)$ における回折格子間隔 $d_g(x+\Delta x)$ 、 $d_g(x)$ 、 $d_g(x-\Delta x)$ はそれぞれ次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} d_g(x+\Delta x) &= \frac{1}{\sin \theta(x+\Delta x)} \\ d_g(x) &= \frac{1}{\sin \theta(x)} \\ d_g(x-\Delta x) &= \frac{1}{\sin \theta(x-\Delta x)} \end{aligned} \right\} \dots\dots (9)$$

(7)

$$\left. \begin{aligned} \beta(x+\Delta x) &= \sin^{-1} \left(\sin \left(\sin^{-1} \left(\frac{x+\Delta x}{f_s} \right) \right) - \sin \theta \right) \\ \beta(x) &= \sin^{-1} \left(\sin \left(\sin^{-1} \left(\frac{x}{f_s} \right) \right) \right) \\ \beta(x-\Delta x) &= \sin^{-1} \left(\sin \left(\sin^{-1} \left(\frac{x-\Delta x}{f_s} \right) \right) + \sin \theta \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots (10)$$

第10図を参照しながら第10式を用いて結像距離 z を求めると、

$$z = \frac{2s \cdot \tan \theta}{\tan \beta(x+\Delta x) - \tan \beta(x-\Delta x)} \dots\dots (11)$$

となる。ここで $\Delta x = s \cdot \tan \theta$ である。

上記第10式において、 Δx の値を固定して、 x の値を大きくとつて行くと、換言すれば、中心回折角(以後、中心偏向角とよぶ) $\beta(x)$ の値が大きくなるに従つて、結像距離 z の値が急激に増加し、像面わん曲収差が発生するわけである。(ただし、 $M=1$ の場合には無収差である。)

光走査装置では、FZPに入射させた平面波を零次光(ホログラムを透過する直進光)と分離す

ただし、

$$\left. \begin{aligned} \theta(x+\Delta x) &= \tan^{-1} \frac{x+\Delta x}{f_s} \\ \theta(x) &= \tan^{-1} \frac{x}{f_s} \\ \theta(x-\Delta x) &= \tan^{-1} \frac{x-\Delta x}{f_s} \end{aligned} \right\} \dots\dots (12)$$

第10図に示すように、FZPに対して点S₀から球面波を入射すると、 $(x+\Delta x)$ の位置では、再生角が $+\theta$ 、 x の位置では、再生角が0、 $(x-\Delta x)$ の位置では、再生角が $-\theta$ となる。

点 $(x+\Delta x)$ で回折角 $\beta(x+\Delta x)$ で回折した光線と、点 $(x-\Delta x)$ で回折角 $\beta(x-\Delta x)$ で回折した光線の交点をS'とし、FZP面(X-Y)とS'を含む面との距離(これを結像距離という)を z を求めると、この場合の中心回折角は、 $\beta(x)$ となる。

上記第10、11、12式より $\beta(x+\Delta x)$ 、 $\beta(x)$ 、 $\beta(x-\Delta x)$ は次式のようになる。

(8)

る角度を中心として結像面で大きく走査させたいわけであるから中心偏向角 $\beta(x)$ を零から離れた値で使用する。したがつてこの場合通常のFZPでは、非常に収差が大きくなる。そこで、本発明ではFZPを作成するとき、ホログラム面に対して平面波をある傾斜角をもつて入射させる。このようにすると再生時に球面波の光を移動するFZPに対して垂直に入射させても収差面上で収差が非常に少なくなる。次にこれを詳しく説明すると、第11図(a)に示すように、従来は平面波と球面波を所定の角度 θ で且つ平面波を記録媒体6に対して直角で照射していた。これを本発明では、第11図(b)に示すように平面波と球面波間の角度 θ はそのままで、例えば記録媒体6を角度 P だけ傾けけることにより平面波を傾いた角度で照射するようにした。ここで、平面波の方を傾けける様にしてもよい。ホログラム作成時ホログラム面に対して平面波を入射させたときの傾斜角を P とすると、前記第10、11式より $\beta(x+\Delta x)$ 、 $\beta(x)$ および $\beta(x-\Delta x)$ は次式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \theta(x+\Delta x) &= \sin^{-1} \left(\sin P + \sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{x+\Delta x}{f_s} \right) \right) - \sin \theta \right) \\ \theta(x) &= \sin^{-1} \left(\sin P + \sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{x}{f_s} \right) \right) \right) \\ \theta(x-\Delta x) &= \sin^{-1} \left(\sin P + \sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{x-\Delta x}{f_s} \right) \right) + \sin \theta \right) \end{aligned} \right\}$$

..... 191

なお、結像距離 z は前式を用いて求められる。

上記前式および前式に具体的な数値を代入し、FZP作成時の平面波の入射角 P を変化させた場合の中心偏向角 $\theta(x)$ と結像距離 z の関係を偏光倍率を色々変えて計算した結果を第12図、第13図に示す。

第12図および第13図において、傾斜は中心偏向角(度)、縦軸は結像距離であり曲線 P_0, P'_0 は平面波と球面波の角度 P が 0° の場合、曲線 P_{10}, P'_{10} は 1° の場合、曲線 P_{15}, P'_{15} は 15° の場合を示す。第12図は偏光倍率 M が4であり、第13図は M が8である。第12図および第13図において、中心偏向角が 2.0° 土 3° の範囲で使用する場合、 $P=0$ のときは、結像距離の実験が非常に大きく、

43

を作成する場合の最適傾斜角 P がこのグラフからたちどころにわかる。

第3項に関しては、各偏光倍率 M について、中心偏向角 $\theta(x) = 0^\circ$ の場合の結像距離 z を活かしとした結像距離実験値 (z_{exp}/z) の値を示したグラフを第14図に示す。この結果から、結像距離実験値は、中心偏向角および偏光倍率が大きくなるほど増加して行くことがわかる。

これまで第11図をもとにしてX軸方向に関する像面わん曲収差およびその収差が少なくなるよう補正方法について述べて来た。これに対してY軸方向では、傾斜角 P で入射する平面波をY-Z平面に投影して考えればよい。この場合の傾斜角 $P = 0^\circ$ となる。X軸方向についての中心偏向角 $\theta(x) > 0^\circ$ 、Y軸方向について $\theta(y) = 0^\circ$ の場合には第11図に示すようなFZP作成法を用いればよいことになる。これに対して、Y軸方向についても中心偏向角 $\theta(y) > 0^\circ$ の条件が必要な場合には、この方向についても上述の如き補正の方法を適用すればよい。いずれにしてもX軸方向、Y

44

とく第12図では 15° のときと 25° のときとでは、10倍以上の差がある。

しかしながら、 $P = 10^\circ$ および $P = 15^\circ$ の場合、ほとんど実験はない。これら第12図、第13図から次の事項が明確になった。

(1) 偏光倍率 M の値にかかわらず、所定の中心偏向角 $\theta(x)$ に対して像面わん曲収差が最小となる傾斜角が存在する。

(2) 最適傾斜角条件下での像面わん曲収差は、偏光倍率 M が大きくなるほど増大する。

(3) 最適傾斜角が増大するにしたがつて、最小結像距離 z_{min} の値は減少する。

(4) 光走査装置のFZP面上でのビーム径の値は、結像距離 z の値に大きき影響を与えない。

上記第1項に関しては、偏光倍率 M が一定である場合、最適傾斜角 P と中心偏向角 $\theta(x)$ との比 $P/\theta(x)$ は不変であるということであるから、偏光倍率 M と $P/\theta(x)$ との関係を示すグラフを作成してあげれば、光走査装置における偏光倍率 M と、中心偏向角 $\theta(x)$ が設計段階で決定すれば、FZP

45

像方向の像面わん曲収差およびその補正の方法はそれぞれ独立に取り扱うことができる。

以上詳細に説明したように、本発明は、光走査装置に使用するFZPを制作する場合、FZPを平面波に対して所定角度をもつて配置したので、光走査装置においてプログラム作成時と異なる波面の光ビームを用いて再生せしめても結像距離のズレを小さくすることができ、光走査装置におけるバーコード読取精度を向上せしめることができ、かつ読取距離も広くすることができる。

4. 図面の簡単な説明

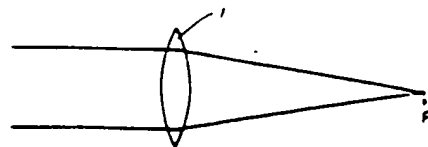
第1図は、凸レンズにたい平面波が入射した場合の状態を説明する図、第2図は凸レンズにたい平面波が入射した場合の図、第3図は傾斜平面波に対して凸レンズを移動させた場合の図、第4図はFZPを使用した光走査装置の原理を説明する図、第5図は非点収差を説明するための図、第6図は像面わん曲収差を説明するための図、第7図および第8図はFZPの作成過程を説明するための図、第9図および第10図は

46

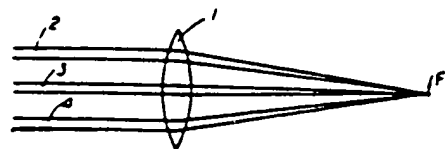
・グラフ再生過程を説明するための図、第11図は本装置を用いたFZPの作成系を示す図、第12、13図は、Pを変えた時の中心偏向角に対する結像距離の変化を示す図、第14図は中心偏向角と結像距離変動率の関係を示すグラフである。

図中、1は凸レンズ、2～5は薄い平面板、6は記録媒体、7は干渉域である。

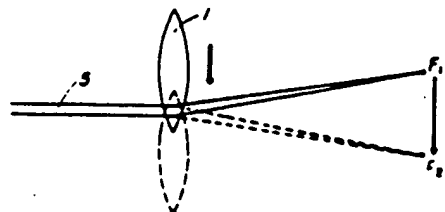
第1図



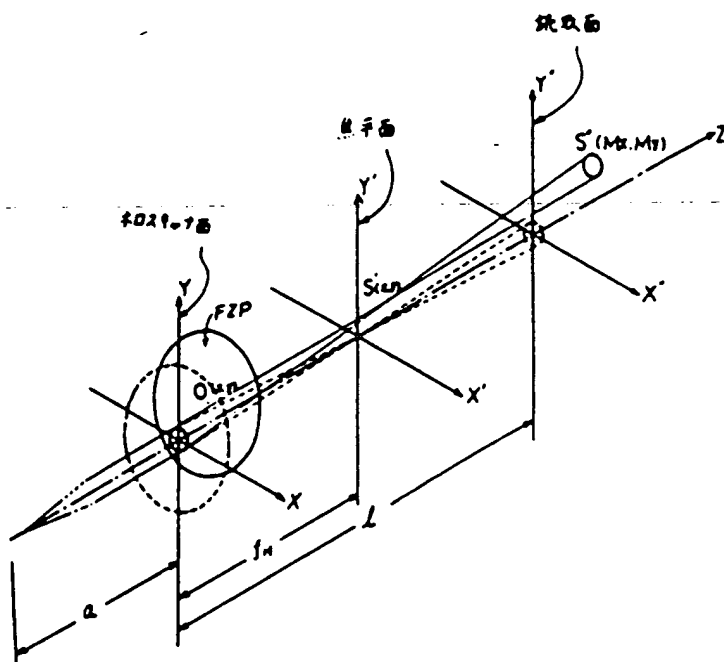
第2図

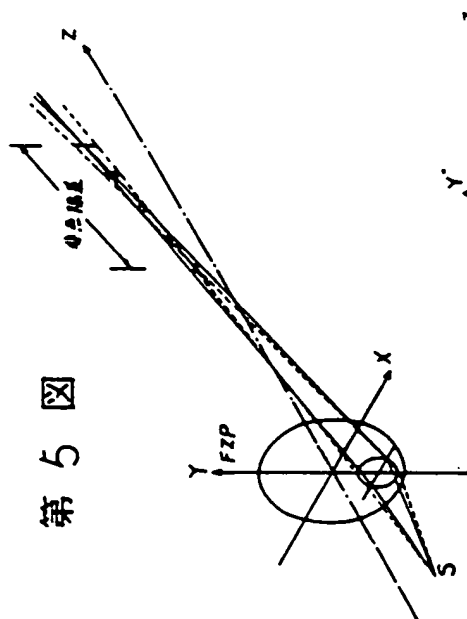


第3図

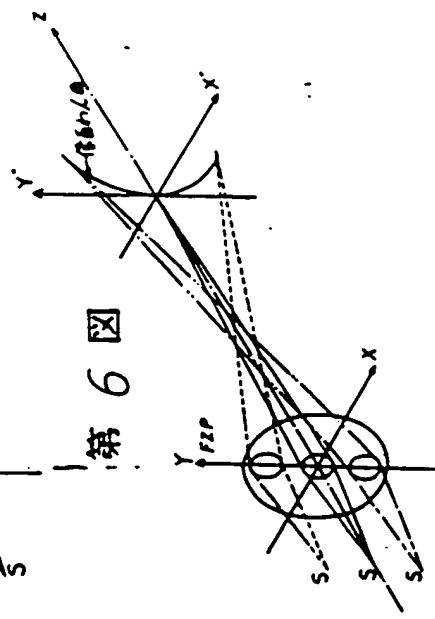


第4図

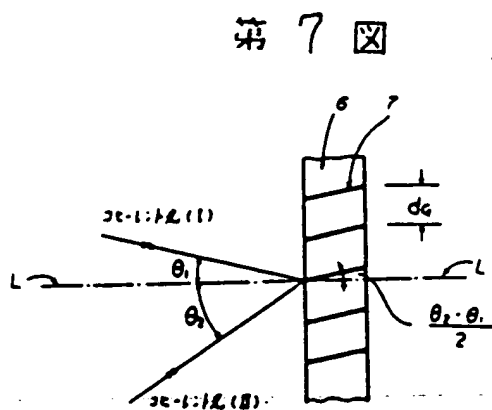




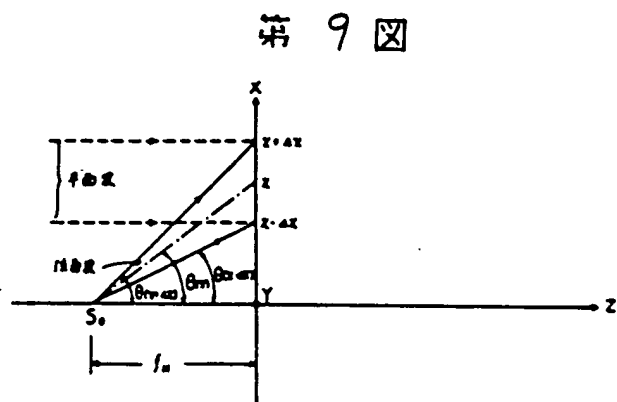
第 5 图



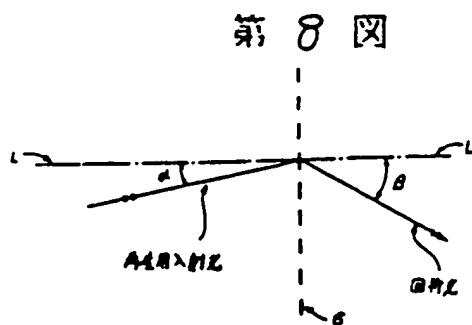
第 6 图



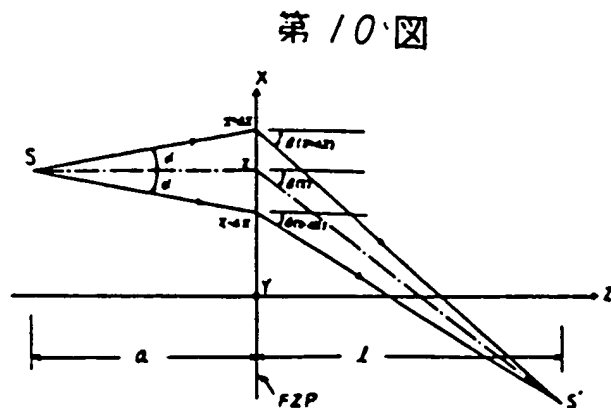
第 7 图



第 9 图

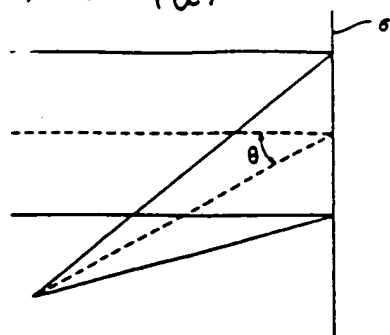


第 8 图

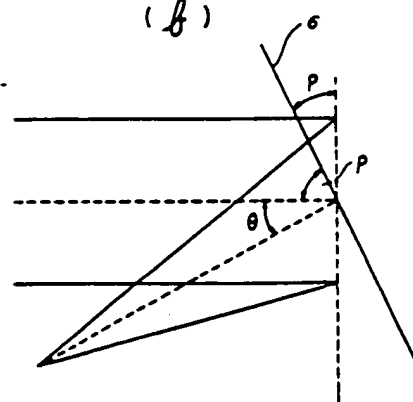


第 10 图

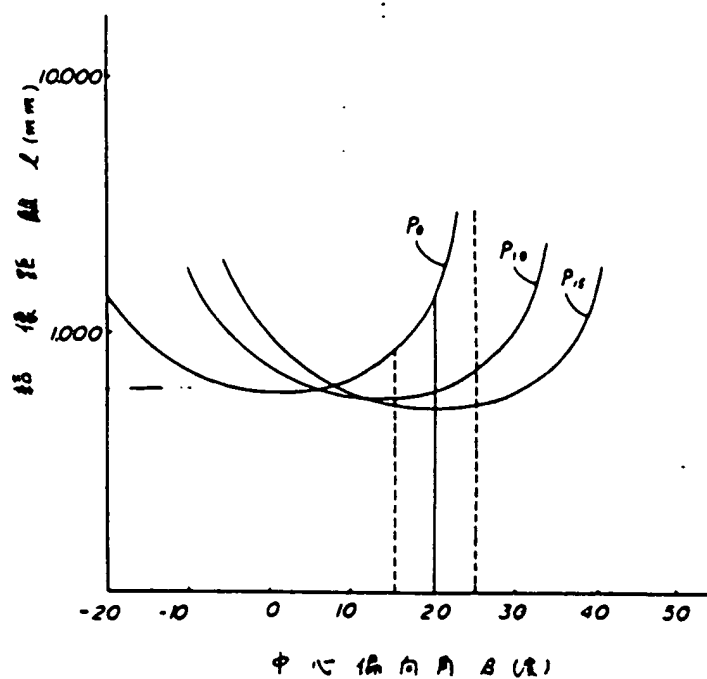
第 11 图 (a)



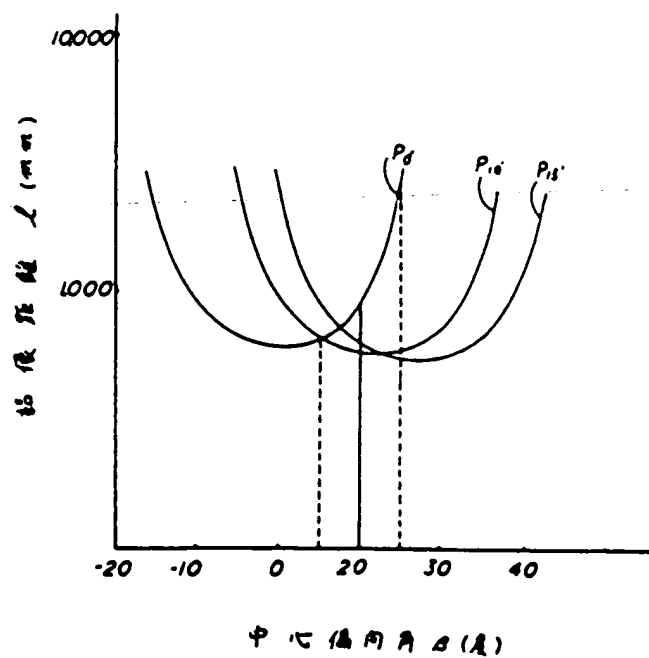
(b)



第 12 图



第 13 图



第 14 图

